

生態教材のモデル化について

——物質循環の問題を中心に——

高田市立城南中学校教諭 松 木 保

I は じ め に

生態教材は教えるにいとよくいわれる。これは内容が全体的にまとまっておらず、られつ的で、異質な考えかたが雑居していることに原因しているように思われる。しかし教えるにいとよくいわれるのは、こうした好ましくない内容のためだけでなく、我々の指導法、指導態度にも問題があるように思う。

生態教材では、生物の自然の生活をとりあつかうので、非常に複雑になるのであるが、その中にも法則性がかくされているはずである。この複雑さにかくされた法則性をどのようにみちびきだしていったらよいか、我々教師の課題である。その一つとして常に身のまわりの生物に注意をむけさせ、問題意識をもった解決学習をさせていくことのたいせつさがあげられる。よく教材としてとりあげられるものに校庭の雑草の四季による変化とか、畑の雑草の生活とか、特定の樹木の変化を継続的に観察することなどがある。しかしこのことは、授業の中では、うまく生かされていないようである。長く継続して観察する必要がある、「生物と環境」のすくない配当時間の中では、変化のようすをはつきりつかませることができず、生徒の注意をそのことに集中させることは、なかなか困難だからである。

そこで、この複雑な生物の生活を身近かなところで模式化、単純化（これをモデル化と呼ぶことにする。）して授業の中で実際に観察することができないかと考え、また筆者のいままでの実践から、生物相互の関係において食物連鎖（物質循環）を重視しなければならないと考えこの主題を設定した。

II 生態教材『生物と環境』の指導内容の検討と組みかえ

「生物と環境」の指導内容について、いくつかの検討を加え、さらに身近かなもので、問題意識をもたせて学習させるための方法（モデル化）の一例として、「水そう内の生物相の変化」を取りあげ、次のページの表 1 のように教材を組みかえ、実践をおこなった。

III 生態教材のモデル化の試み—水そう内の生物の変化の指導—

モデル化の試みとしての「水そう内の生物の変化」は、次のような過程で指導をおこなった。

1. 水そう内の生物の変化の予想をたてさせる (6月15日)

条件のちがつた 5 つの水そうを用意し、生徒にそれぞれの水そう内が二週間後に、どのように変化していくか予想をたてさせた。なお、水そう内の条件は次のとおりとした。

- ① 水道水 2700CC, アオミドロすこし ② 水道水 2500CC, おほりの水 200CC, アオミドロすこし ③ ②と同じ条件の中にフナ小 1 匹 ④ ③と同じ条件の中にフナ大 1 匹

表 1 「生物と環境」の実践例

指 導 内 容	時間	組 み か え の 観 点 な ら び に 指 導 上 の 留 意 事 項
I 生物と環境との関係		
1 水そう内の生物の変化	0.5	与えられた水そう内の生物の変化の予想をたてさせる。
2 いろいろな環境要素 ・生物以外の環境 ・生物どおしの関係	0.5	現行では、「生物と環境」と「生物どおしのつながり」が別々の項目になっているが、生物の相互関係が一種の環境であることを理解させる。
3 生物以外の環境との関係 ・植物の発芽と成長 ・温度、水、酸素、二酸化炭素、光、土じょうと生物	2.0	ダイコンの発芽の観察は、家庭学習としてレポートを提出させる。
4 生物どおしの関係 (1)同種のなかでの関係 ・おすとめす ・親と子 ・動物の群れ ・植物群落 (2)異種のあいだの関係 ・食物連鎖と生産量ピラミッド ・空間をめぐる関係 ・共生と寄生	4.0	同種間でおこる現象と異種間でおこる現象をはっきり区別する。 種族維持との関係を重視する。 校庭の雑草群落の調査をおこなう。 「水そう内の生物の変化」を再び観察し、結果と理由を考える。 食物連鎖を単に食べたり食べられたりという関係でとりあつかうのではなく、自然界における物質循環としてとらえさせる。
5 環境と適応 (1)季節と生物の生活（時間による変化） ・長日植物と短日植物 ・冬越し (2)生物の分布（場所による変化） ・植物の分布 ・動物の分布 (3)適応と生物の形態	4.5	適応は特しゆなものではなく、もつと普遍的なものであること、また適応を単に「生物は環境に適応して生きていることを知る」というように消極的な面だけでなく、生物もまた、環境にはたらきかけ、新しい環境をつくり出すという積極的な適応の面にもふれる必要がある。
II 自然の保護と開発	0.5	人間は意識的に環境をかえることができるので、目的をもって環境をかえることにより、生物の性質をかえていくことができ、人間生活に利用することもできることにふれる。

⑬ ⑭と同じ条件の中にフナ小5匹

なお、おぼりの水の中には、クロレラ、ミドリムシ、クンショウモ、ケイソウ類や動物性の微生物もすこし含まれていた。

生徒に書かせた予想を分類してみると表2のようになった。この表ならびに生徒のたてた予想の全体からみて次の点が問題となった。

(1) たいした理由もないのにすぐ生きるとか死ぬという予想をたてている。環境をもつと分析的にみさせる必要がある、とくに非生物的環境すなわち光、水温、水質、二酸化炭素、酸素などの影響を考えている生徒はすくなかった。

(2) アオミドロやフナにばかり気をとられてほかの微生物に注意をはらっていない。とくに植物性の

表 2 結果の予想 対象生徒 78 名 %

項 目	A	B	C	D	E
アオミドロは死ぬ	71	4	1	1	0
アオミドロの育ちがとまる弱る	18	3	0	0	0
アオミドロは育つ、生きている	2	74	0	0	0
水がにごってくる	0	9	0	3	8
フナもアオミドロも死ぬ	0	0	9	22	31
フナは生きてアオミドロはなくなる	0	0	26	42	21
アオミドロはふえフナは死ぬ	0	0	3	4	4
フナは死ぬ(一部死ぬ)	0	0	18	9	31
フナもアオミドロも生きている	0	0	37	18	5
変化なし	9	10	6	1	0

微生物が光合成をおこなって物質を生産していくことをほとんどの生徒がみおとしている。

(3) ④と⑤の条件のちがいは、実際はごくわずかなのに、④ではアオミドロが死ぬと予想し、⑤ではよく育つと答えているものが多かった。その理由として、④では水道水だけで消毒薬が入っているためアオミドロは育た

ないとしており、⑤～⑦の条件と非常に異なっているように考えている点は問題である。

(4) 水そうの中の水は、いろいろな環境要素から影響を受けているが、フナ自身、水そうの中の環境をかえていくことをみおとしている。

2. 水そう内の変化のようすを二週間観察

水そうの中の変化のようすは、毎日 1 回生徒に観察させた。その観察の過程で、自分のたてた予想に反した生徒は、なぜそうなったのかを考え、また予想にあった生徒も、授業で学んだ新しい知識も加えて、さらに分析的に考えるようになった。二週間の各水そうの変化のようすは次のとおりであった。

④→みかけ上はほとんど変化がなかったが、アオミドロは黄色ぽくなり、水そうの底に沈んだ。

⑤→④とほとんどかわりばなかった。⑥→2 日後にアオミドロはフナに食べられ、なくなった。

フナは、はじめ水面に浮いてきていた。しかし、5 日目頃から水全体が緑ぽくなり、クロレラ、セネデスムなどの藻類が急に繁殖してきた。それとともにフナは表面に浮いてこなくなった。2 週間後もフナは死ななかった。⑦→水の色の変化は C と似ていた。フナは 1 週間後頃に最もさかんに活動したが、

10 日後に死んだ。フナが死んでからは、藻類の繁殖もみられず、フナの糞などといっしょに底に沈んだ。⑧→7 日後にフナは全部死んでしまった。底に沈んだ藻類や糞の量は⑦より少なかったがほかは⑦とほとんどかわりがなかった。

3. 二週間後の観察結果とその理由を生徒に記録させる。(6 月 29 日)

二週間後の観察結果と、その理由を各水そうごとに記録させ、はじめの予想と比較させた。生徒に書かせた一例を示すと次ページの表 3 のとおりである。この表のように、二週間後には、その間に学んだ知識も、水そう内の生物相の変化を観察することによって、単なる知識におわらず、応用ができるようになった。そして環境と生物の関係についてより分析的にみるようになり、またこんな小さな水そうの中にも生物の生活が、いろいろな環境とからみあって成り立っていることを知るようになった。

4. 水そう内の生態系を考え、まとめる

観察結果から、水そう内の生態系を図 1 のようにまとめ、生徒に理解させた。

表 3 二週間後の水そう内の生物相の変化

1年5組 T・I

	結 果	理 由
A	アオミドロは死んで底の方に沈んでいる。	水道水だけでは、養分がなくアオミドロは生きられなかった。
B	アオミドロはすこし繁殖してから死んだ。	植物は二酸化炭素と水と光で炭酸同化作用をおこなうが、水に含まれていた二酸化炭素がすくないため、炭酸同化作用は少したつてからできなくなり死んだ。
C	フナは生きている。アオミドロは死んでしまったが、フナにたべられた。 かわつて水が緑つぽくなつてきた。フナの糞が底に沈んでいる。	フナは呼吸により酸素をとり二酸化炭素を出している。植物は昼間炭酸同化作用により、でんぷんをつくり、酸素を出している。フナが出した二酸化炭素を緑色植物が利用し、フナは植物が出した酸素を吸っている。また水が緑色つぽくなつたのは、緑色の藻類が繁殖したためである。フナは、それをたべるが、藻類の繁殖の方がそれよりうまかつたので、フナは生きている。
D	フナが死んでしまい、アオミドロも死んだ。一時繁殖した緑色の藻類も底に沈んだり、水そうのかべにくつついた。その量はEより多い。糞も底に沈んでいる。	Cのようにつりあいとれず、フナが先に死んだ。フナは自分の出す糞とか、二酸化炭素のために、水の性質がかわり、生きていけなくなつた。フナが死ぬと、緑色の藻類も繁殖できなくなり死んで底に沈んだ。
E	Dとほとんどかわりがない。底に沈んでいる量はDより少ない。	Dと同じ。フナの数が多いので長く生きられなかった。そのため、藻類の死がいの量も少ない。

IV 『水そう内の生物相の変化』の追試実験 ※

授業では、水そう内の微生物の変化や、有機物量、pH値の変化などはくわしくしらべられなかったので、クラブの生徒が中心となり、再び二週間の「水そう内の生物相の変化」について観察をおこなつた。その結果をここに記し、参考に供したい。

1. 研究の方法

(1) はじめの水そうの条件

① 高田城跡のおぼりの水 2700cc

②～⑤の水の条件は第1回目の実験と同じ。③にフナ1匹、④にはフナ2匹、⑤にはフナ3匹を入れた点は異なる。

水そうは、写真1のような縦19.5cm、横16.5cm、高さ15.5cmの角型水そうを用いた。

(2) 観察期間と場所

9月14日に各水そうの条件をつくり、9月28日まで観察測定をつづけた。場所は理科室の南側の日あたりのよいところである。

(3) 観察測定の方法

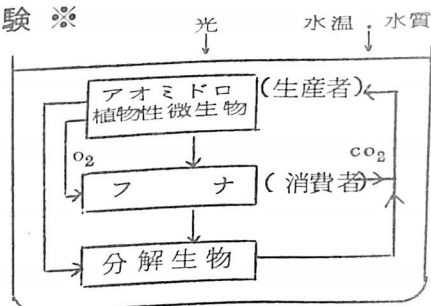


図1 水そう内の生態系

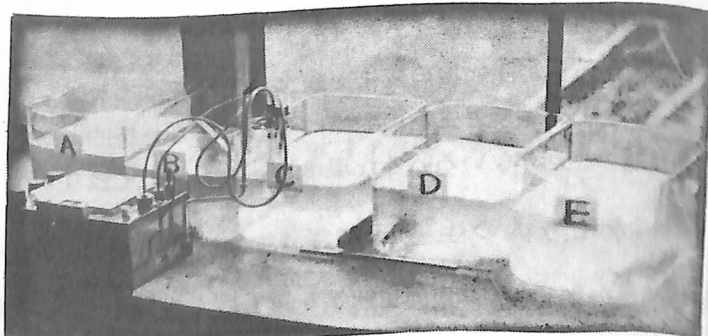


写真1 実験観察装置

※本研究は、城南中学校生物クラブ2年後藤信子、竹之内歌代子によつてすすめられ、第2回新潟県児童生徒科学研究発表会高田地区大会に発表したものに、筆者の諸観察もつけくわえたものである。

ア 微生物の個体数の観察・・毎日放課後、各水そうより 10cc の水を取り、遠心分離器で濃縮し、1cc とし、その中にガラス棒を入れ、一滴スライドグラスの上に落とし、カバーグラスをかけ検鏡する。検鏡は 10×10 倍で 20 視野を任意にうごかし、その中にいるすべての微生物の数をかぞえた。1 視野に数多くいた場合は、2～4 視野をかぞえ、20 視野に換算した。

イ 有機物量の測定・・毎日放課後、各水そうからとった検水 10cc に対する過マンガン酸カリウム消費量で調べた。なおアで採水した 10cc とあわせ毎日 20cc の水道水を各水そうに加えた。

ウ pH の測定・・東海電子工業株式会社製ガラス電極 pH 計を用いた。

2. 結果ならびに考察

(1) 水そう内の全体的な変化のようす

- ① 水の色は黄緑色で、変化は少なかったが、25 日頃から緑の藻類が水そうの底の方に沈んできた。
- ② アオミドロは底の方に沈んだ。水の色は淡黄緑色。26 日頃からしだいに緑色が濃くなってきた。
- ③ 17 日からしだいに緑色が濃くなり、23 日にはフナが見えないほど濃くなった。さらに 25、26 日頃にはやや茶色味をおび、黒ずんできた。フナは 18、19 日頃までは、横になったり、傾いたりして元気がなかったが、緑色が濃くなるにつれ活動的になった。
- ④ フナの 1 匹は 16 日にほかの 1 匹は 24 日に水そうから飛び出し死亡。水の色は、フナがいなくなった 24 日までは、③とほとんど変わりがなかったが、24 日以後は、緑色のものが底に沈み、上は澄んだ。
- ⑤ フナは 16 日に 2 匹、水そうの中で死亡。残りは 1 匹になった。水の色は、19 日までは、白っぽくにどり、はじめの淡黄緑色は、全くななくなっていた。20 日から緑色がつきはじめ、25、26 日には急に濃くなり、①と同じくらいの濃さにまでなった。

(2) 微生物の変化

観察、測定の結果、約 25 種の微生物が確認されたが、とくにクロレラ、セネデスムス、ケラスツルムの三属について、その量的な変化を図示すると図 2(A)～(E) となった。この結果から次のことがわかった。

ア ①では、種類、量とも変化は少なかった。(多少の波は測定誤差にもよる) このことは A ではすでに繁殖が極限まで達しており、つりあいのとれた生態系をつくっているものと考えられる。

イ ②では、はじめ変化がすくなかったが、26 日過ぎから増殖しはじめた。24、25、26 日と晴れの日が続いたためだと考える。

ウ ③④⑤とも最初入れたアオミドロは 2・3 日でなくなり、かわってセネデスムス、クロレラ、ケラスツルム属等の小型緑藻類が増殖してきた。また④では、24 日にフナが全部死んでからは、微生物の増殖がとまってしまい、③、⑤と異なっている。このことは、生産者の藻類は、フナの排出物を養分とし、また、フナが呼吸によつて放出する二酸化炭素をとり、光合成をおこなっているためである。

(3) 水素イオン濃度の変化(図 3(A)～(E))

ア フナのいない①、②は値に大小はあるが、観察期間、あまり大きな変動がなかった。

イ フナのいる③、④、⑤はいずれも次第に pH を増していき、共通な変化を示した。

ウ 初め pH が最も低かったのは⑤であつた。これは水そう内にフナを多量に入れたため、CO₂の

量が増し、酸性を呈したためと考える。COの量が多くなるとPH値が低下するとすれば、1日のうち

図2 微生物の量的変化

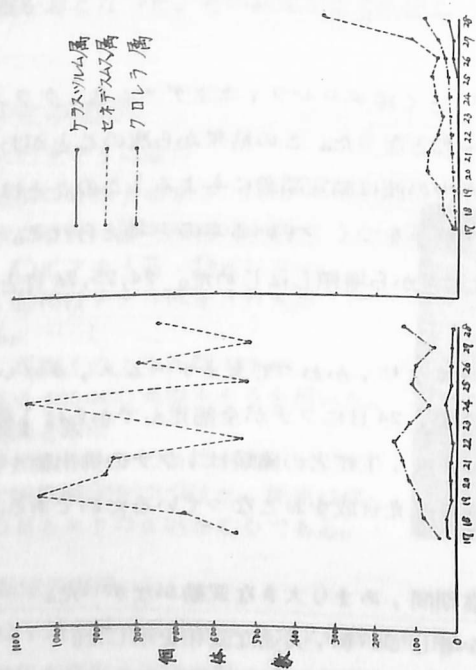
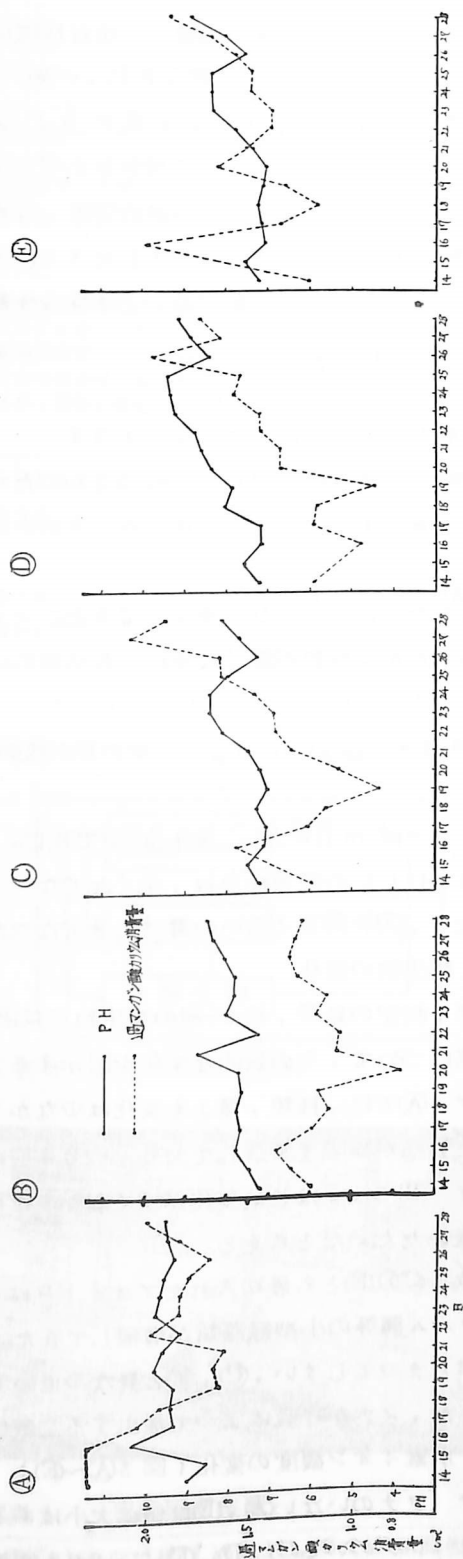
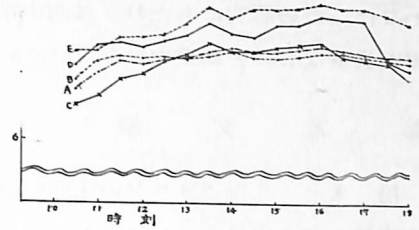


図3 PH有機物量の変化



14 PHの日変化(10月2日曇り)



でもpH値の变化がその日によって異なることを考え、日変化をしらべてみた。(図4)この結果から、pH値は朝低く、午後2時から5時頃までに最大となり、それ以後は低下することがわかった。これは、夜になると植物は光合成をやめ、 CO_2 を放出するためだと考える。

(4) 有機物量の変化

はじめは、滴定の仕方が未熟なため、過マンガン酸カリウム消費量にかなりの変動があつた。(14日～17日)この部分を省いて考えてみると、

- ア (A)と(B)は過マンガン酸消費量の変化が少なかった。
- イ (C), (D), (E)はともに、日数の経過とともに、しだいに増加している。

3. ま と め

研究全体をとおして、わかったことをまとめると次のとおりである。

- (1) 限られた水そう内では、フナを2匹以上入れるよりも、1匹にした方が長く生きられる。
- (2) 水そう内にフナを入れておくと、一定の日数が経過すると、急に小型緑藻類が増殖してくる。フナを入れておかないものでは、増殖はほとんどおこなわれない。
- (3) 小型緑藻類が増殖すると、pH値が高くなり、有機物量も多くなる。
- (4) pH値は朝や夕方は低く、昼間14時から17時頃最も高くなる。

4. 研究の反省

小さな水そう内でも複雑に、生物と環境が関係しあっており、わずか二週間の観察では、短かすぎるように考える。もつと長い間観察する必要がある。また、フナが死んだらまた別のフナを入れてやり、(C), (D), (E)のちがいををはっきりさせるべきだったと考える。今後の課題としたい。

V おわりに——モデル化のための留意点試案——

「水そう内の生物の変化」を中心におこなった授業での実践と、クラブの生徒の研究について述べてきたが、指導をとおして反省し、モデル化のための留意事項について、次の諸点をあげてみた。今後、さらに研究実践をし、生態教材をより教えやすいものにし、生徒の理解を高めていきたいと考えている。

- (1) とりあげる材料、教材は身近かなところにあり、生徒の興味をひくものであること。
- (2) 複雑な条件をできるだけ単純化し、対照を適切にもうけること。
- (3) 観察の日数が少なくとも、結果が、はっきりとあらわれるようなものであること。
- (4) モデル化は、あくまでも野外における生物の自然の姿ではなく、特殊な例であり、自然の縮図ではないことに注意させなければならない。授業の限られた配当時間内では、生徒の観察の眼を伸ばすのに、また複雑な自然の法則性を短時間につかむのに役立つが、生物のほんとうの生活を知るには、やはり野外観察が有効である。したがって、モデル化の限界をよくみきわめて指導にあたる必要がある。

おわりに，この研究にあたり，城南中学校の理科部の先生方，特に渡辺勝也先生からは，授業の実践から得た貴重な資料と助言をいただいた。厚くお礼を申しあげる。

参 考 文 献

- (1) 松 木 保：タニシの生態の研究——タニシの食性について——，高田市立教育センター研究紀要，№1，P 41～44（1966）
- (2) 相 沢 陽 一：生物教育の改善をめざして（I），新潟大学教育学部附属高田中学校紀要17集，P 33～42（1966）
- (3) 門 司 正 三：生物指導のポイント，生態のあつかい方，遺伝，Vol 17，№8，P 58～61（1965）
- (4) 篠 原 尚 文：淡水産微小生物の量的扱い方の基礎 高校生物実験の新しい進め方，科学の実験，Vol 17，№3，P 288～295（1965）
- (5) 橋 岡 信 一：中学校理科教育の問題点と対策Ⅳ 生物教材，科学の実験，Vol 16，№7，P 650～655（1965）
- (6) 徳 田 御稔編：国民のための理科教育，国土社（1963）
- (7) 沼 田 真 著：植物野外観察の方法，築地書館（1962）
- (8) 水 野 寿彦著：日本淡水プランクトン図鑑，保育社（1964）
- (9) 小 林弘他2名：埼玉県植物誌 藻類（1962）